

## 論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称	博 士 ( 工 学 )	氏名	河村 力
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項・2 項該当		
<p>論 文 題 目</p> <p>マルチマテリアル車体におけるフレームの断面最適化技術と射出成形複合材の成形・構造連成解析技術の検討</p> <p>(Study on optimization technology of frame cross section and coupled analysis technology of injection molding composites for multi-material car body)</p>			
<p>論文審査担当者</p> <p>主 査 教授 菅田 淳</p> <p>審査委員 教授 曙 紘之</p> <p>審査委員 准教授 田中 智行</p>			
<p>〔論文審査の要旨〕</p> <p>本論文（本研究）は、マルチマテリアル車体による自動車の軽量化に向けて、スチールを想定した車体フレームを対象に、複合的な荷重条件に対して座屈抑制可能な断面形状の設計技術と、射出成形樹脂複合材を対象に、板厚方向の物性の不均質性を考慮可能な成形・構造の連成解析技術を検討したもので、</p> <p>第 1 章では、背景から研究の目的までを述べた。</p> <p>第 2 章 I では、ねじりモードでの解析精度の検証をした後、曲げとねじり荷重の最大化と質量最小化の多目的最適化を実施し、曲げ強度とねじり強度を向上可能な断面を導出した。また設計空間を荷重の面内方向と断面拡大が背反しない制約にすることで、曲げとねじりの強度配分による最適解の変化を明らかにした。</p> <p>第 2 章 II では、射出成形解析で得た繊維配向テンソルを構造解析の各要素の積分点毎に反映する独自のシステムを作成し、板厚方向における物性差を考慮可能な連成解析プロセスを構築した。平板と構造体の 3 点曲げを対象に解析精度が向上することを示した。</p> <p>第 3 章では、それぞれの結論記した。</p> <p>「複合荷重を受ける フレームの断面最適化に関して」</p> <p>最適断面の導出と、曲げとねじりの荷重配分の変化による最適断面の変化、及び、その力学的要因を明らかにすることを目的に、曲げ強度とねじり強度の最大化、及び、質量最小化の多目的最適化をはかった。一般的な遺伝的アルゴリズムを用いた最適化に加え、非線形性の強い座屈現象であることを踏まえ、局所解に陥ることを回避するため、前世代の非劣解に類似した設計変数の組み合わせを、増補式空間充填法を用いて取得した。その結果、以下二つの結果を得た。1. 初期形状に対して設計空間を拡大することなく、曲げ強度の質量効率を 18.2%、ねじり強度の質量効率を 8.7% 向上可能な各断面形状を導出した。こ</p>			

れら断面形は稜線により，圧縮座屈とせん断座屈を緩和できていることを確認した．2. 曲げ強度とねじり強度の機能配分の変化により，各負荷に対して面内方向の板を有するように，最適解が遷移することを明らかにした．以上から，曲げとねじりの複合的な荷重を受ける車体フレームの軽量化を実現する断面設計の考え方を得た．

「射出成形樹脂複合材の成形・構造連成解析に関して」

脆性材である樹脂複合材は破断現象までを高精度に予測する必要がある，実用上の解析精度の不足が課題となっている．特に強化繊維の微視的な不均質性により部品内の材料物性の変動する射出成形複合材はその難易度が高い．そのため，構造体の破断メカニズムから縁応力とその許容応力の予測精度が重要であることを示し，解析精度の向上には，板厚方向の配向角と配向度の分布による物性の変化を構造解析に反映する必要がある，そのための連成解析プロセスを提案した．提案した連成解析プロセスの検証のため，タルボ・ロー撮像と X 線  $\mu$  CT にて射出成形解析から得た繊維配向テンソルの精度を確認したうえで，材料試験から物性と配向角・配向度の関係を取得し，材料モデルを同定した．これら結果を元に，平板の 3 点曲げ試験を対象に，解析誤差が従来手法の 20～30% 台に対し，提案手法は約 5% 以下であり，予測精度が向上することを確認した．さらに自動車開発における有効性を確認するため，自動車部品を想定した H 型の断面を有したフレームを対象に，提案手法を適用し，従来手法の解析誤差 30% 前後に対し，新手法は 4% 以内であることを確認した．これら解析精度の向上は，縁応力の予測精度向上によるものであることを，板厚方向の応力分布から確認し，提案手法の有効性を示した．

以上，審査の結果，本論文の著者は博士（工学）の学位を授与される十分な資格があるものと認められる．

備考：審査の要旨は，1,500 字以内とする．